

Abb. 2  
Temperaturverteilung  
°C

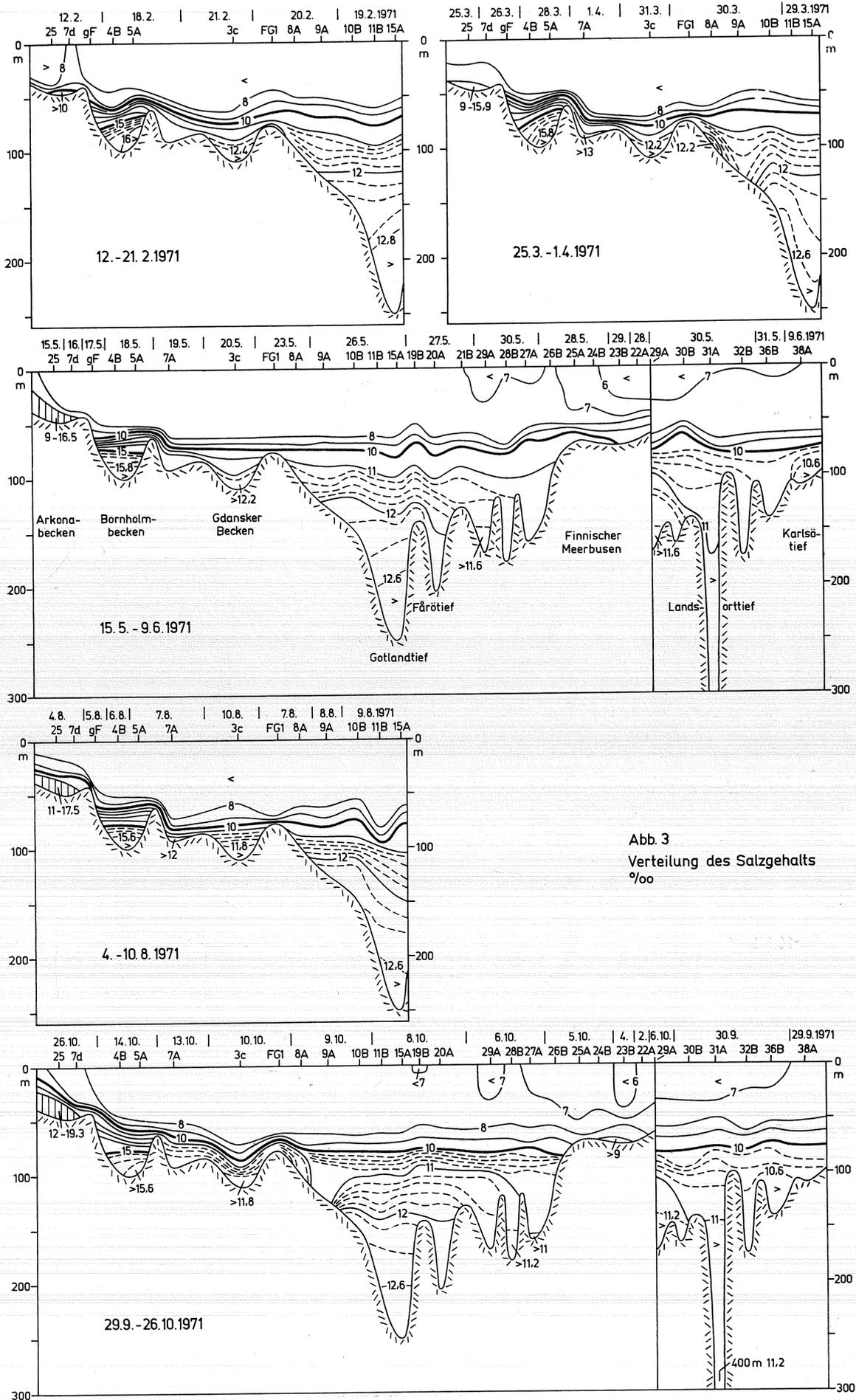


Abb. 3  
Verteilung des Salzgehalts  
‰

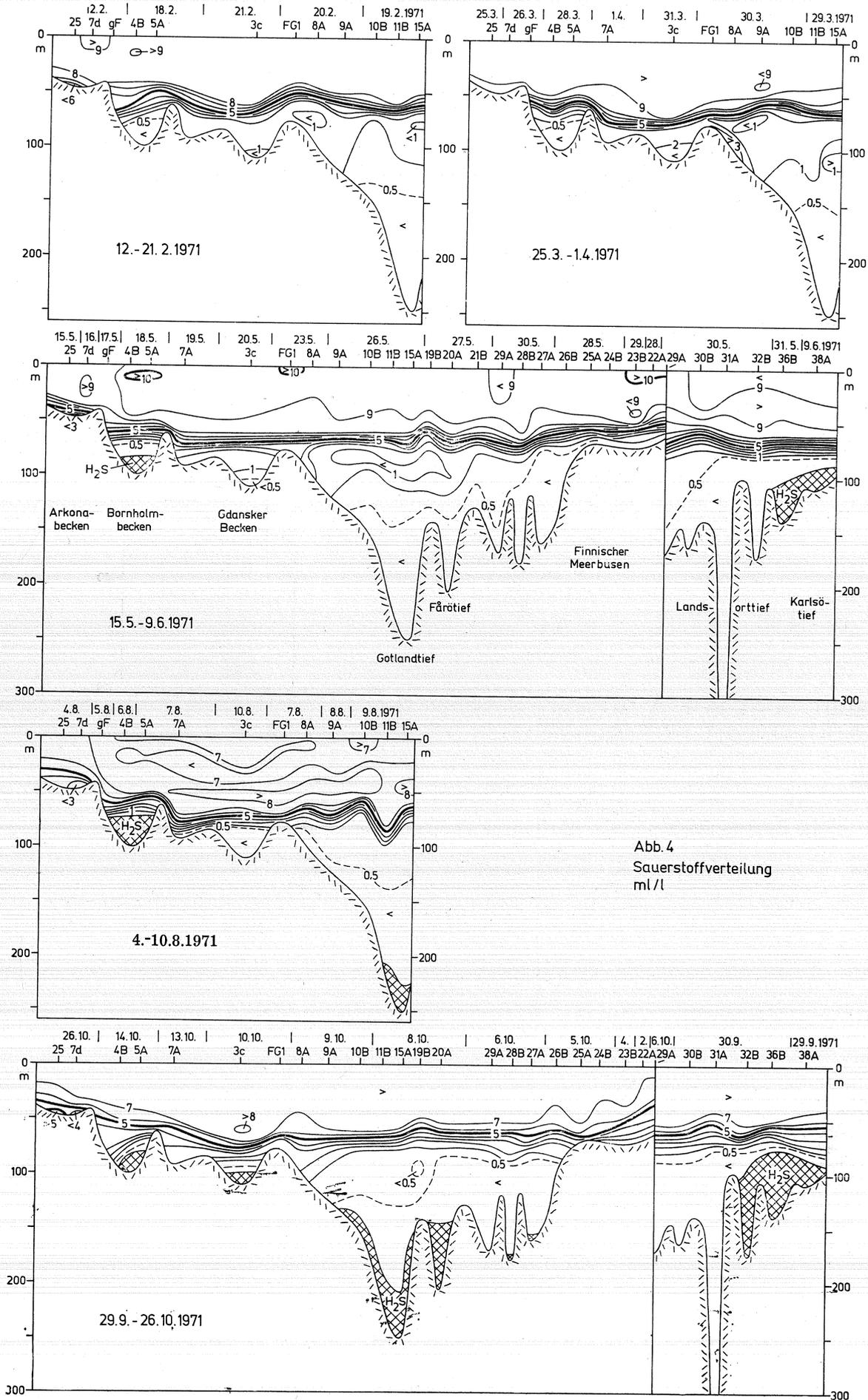


Abb. 4  
Sauerstoffverteilung  
ml/l

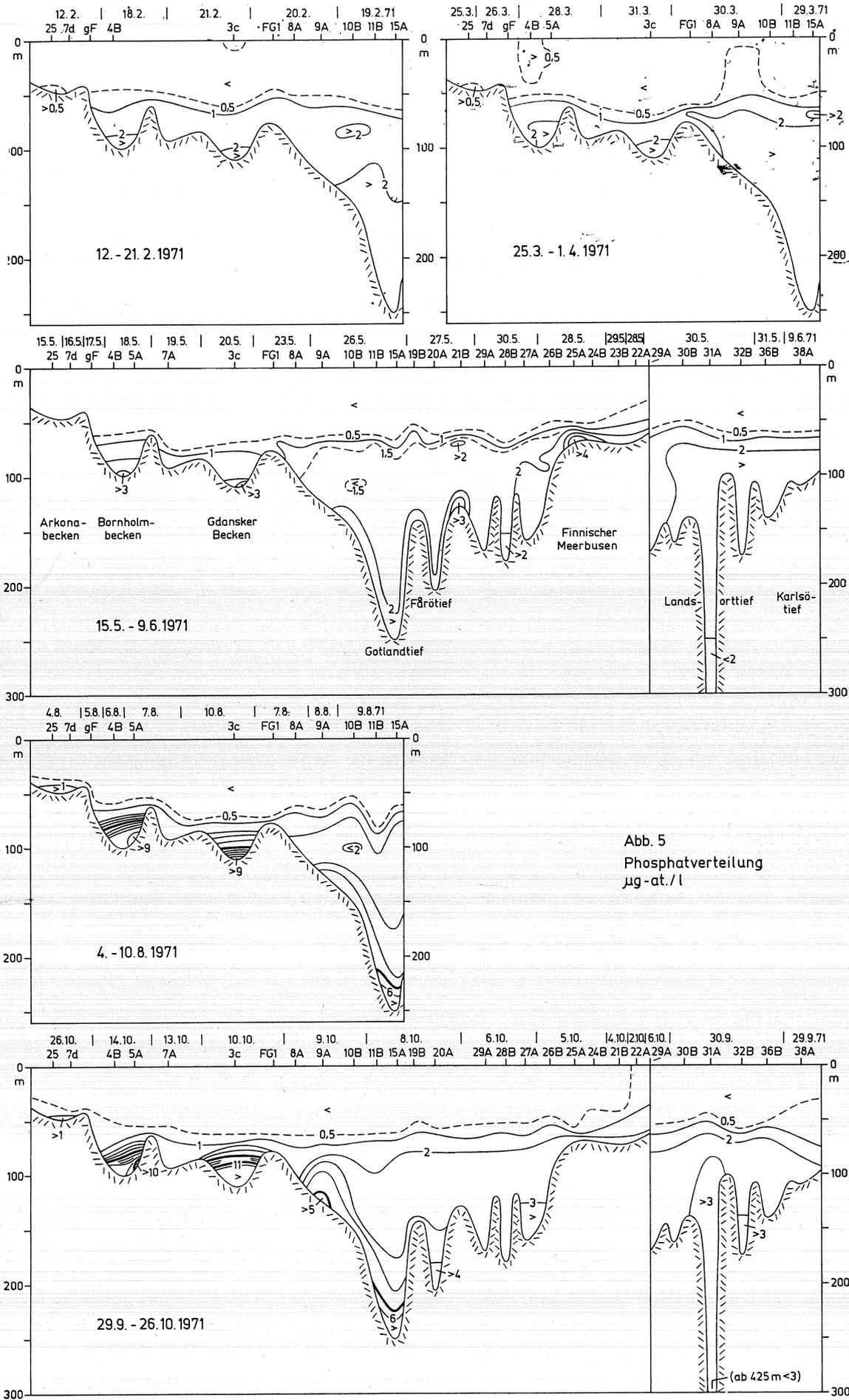


Abb. 5  
Phosphatverteilung  
 $\mu\text{g-at./l}$

In Abb. 2–5 wurden die 1971 eingetretenen Veränderungen der Wassertemperatur und des Salzgehalts sowie der Sauerstoff- und Phosphatverteilung dargestellt. Zunächst sollen die Verhältnisse unterhalb der Salzgehaltssprungschicht betrachtet werden. Die Untersuchungen im Februar zeigten, daß im Winter 1970/71 kein Salzwassereintrich erfolgte. Im Tiefenwasser wurden relativ hohe Temperaturen, niedrige Salzgehaltswerte und geringe Sauerstoffkonzentrationen gemessen.

Ende März war der Sauerstoffgehalt im Gdansker Becken vorübergehend angestiegen, und im Südteil des östlichen Gotlandbeckens zeichnete sich der Einstrom relativ sauerstoffreichen Wassers in Grundnähe ab. Dieser Einstrom führte zu keiner nachhaltigen Besserung der Sauerstoffverhältnisse im Gotlandtief. Er war aber offensichtlich die Ursache für den im Mai beobachteten Rückgang des Phosphatgehaltes im Tiefenwasser dieses Seegebietes.

Im Mai hatten sich die Sauerstoffverhältnisse im Bornholmbecken so verschlechtert, daß hier erstmals seit 1968 (4,5) wieder geringe Mengen an Schwefelwasserstoff auftraten. Auch im Gdansker Becken war der Sauerstoffgehalt stark zurückgegangen. Gleichzeitig damit begann der Phosphatgehalt anzusteigen.

Außer im Bornholmbecken wurde im Mai Schwefelwasserstoff auch im Tiefenwasser des westlichen Gotlandbeckens angetroffen. Hier war jedoch gegenüber Herbst 1970, als auch auf Station 32 B Schwefelwasserstoff in Grundnähe nachgewiesen wurde, eine geringe Besserung der Sauerstoffverhältnisse eingetreten. Auf Station 38 A, die innerhalb 10 Tagen mehrfach bearbeitet wurde, konnte ein Wechsel zwischen oxidierenden und reduzierenden Bedingungen beobachtet werden.

Bei den Messungen im August wurde nicht nur im Bornholmbecken, sondern auch im Gotlandtief Schwefelwasserstoff nachgewiesen, während im Gdansker Tief der Sauerstoffgehalt in Grundnähe auf Werte unter 0,1 ml/l abgesunken war (Abb. 4). Bemerkenswert war die innerhalb eines kurzen Zeitraumes erfolgte, starke Phosphatakkumulation im Tiefenwasser dieser Becken (Abb. 5).

Für das 1. Halbjahr 1971 liegen bereits von polnischer Seite Beobachtungen aus dem Bornholm- und Gdansker Becken vor (1). Dabei besteht im allgemeinen gute Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen. Allerdings fehlt ein Hinweis über das Auftreten von Schwefelwasserstoff im Bornholmbecken. Die polnischen Untersuchungen zeigen jedoch im Mai-Juni ebenfalls eine deutliche Phosphatanreicherung im Tiefenwasser, was bereits auf sehr ungünstige Sauerstoffverhältnisse bzw. auf das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff in unmittelbarer Grundnähe hindeutet (vgl. auch 3).

Auch in den Folgemonaten dauerten die kontinuierliche Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse und die Phosphatakkumulation an (Abb. 4 und 5). Gegenüber den Messungen Ende Mai bzw. Anfang August war im Oktober auch im Gdansker Becken und im Färötief sowie auf verschiedenen Stationen des nördlichen Gotlandbeckens Schwefelwasserstoff in Grundnähe vorhanden, während sich im Südteil des östlichen und im westlichen Gotlandbeckens die schwefelwasserstoffhaltige Tiefenschicht weiter ausgebreitet hatte. Die höchsten Phosphatwerte wurden im Gdansker Becken festgestellt.

Im Oktober wurde ferner der Einstrom relativ salz- und sauerstoffreichen Wassers in das Arkona- und Bornholmbecken beobachtet. Offensichtlich handelte es sich jedoch nur um eine intensive Einstromlage und nicht um einen Salzwassereintrich im Sinne WOLFs (12). Im Arkonabecken machte sich dieser Einstrom unter der Wirkung der Corioliskraft nur im Südteil bemerkbar und füllte im Gegensatz zum Februar 1969 lediglich einen geringen Teil des Beckens aus. Hier führte er allerdings zu den bekannten Inversionen in

der Sauerstoff- und Phosphatverteilung (vgl. auch 6), bei denen sauerstoffreicheres und phosphatärmeres Tiefenwasser von einer Schicht sauerstoffärmeren und phosphatreichen Wassers überlagert wird. Die Auswirkungen im Bornholmbecken zeigten sich in einer Verringerung der schwefelwasserstoffhaltigen Tiefenschicht (Abb. 4). Sie sind aber auch in der Phosphat- und Temperaturverteilung (Abb. 2 und 5) zu erkennen. Entsprechend der Jahreszeit waren die am Westhang des Bornholmbeckens einfließenden Wassermassen verhältnismäßig warm. Insgesamt gesehen scheint dieser Einstrom nur örtlich begrenzt von Bedeutung gewesen zu sein. Eine durchgreifende Änderung der äußerst ungünstigen Sauerstoffverhältnisse ist wegen der geringen Menge des eingeströmten Wassers kaum zu erwarten.

Neben dem Phosphatgehalt wurde auch die Verteilung der anorganischen Stickstoffverbindungen im Tiefenwasser der Ostsee untersucht. Die Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse führte zu einer Denitrifikation des Nitrastickstoffs. Durch die damit verbundene Stickstoffentbindung nahm das Stickstoff-Phosphor-Verhältnis beträchtlich ab. Eine ausführliche Darstellung dieser Ergebnisse erfolgt an anderer Stelle (8).

Die durch die Stagnation bedingten Veränderungen im Tiefenwasser sind nicht nur auf die chemischen Parameter beschränkt. Auch beim Salzgehalt zeigte sich im Jahresverlauf eine allmähliche Aussüßung (Abb. 3), die im Bornholmbecken 0,4 ‰, im Gdansker Becken 0,6 ‰ und im Gotlandtief 0,2 ‰ betrug.

Während die hydrographisch-chemischen Veränderungen unterhalb der Salzgehaltssprungschicht eng mit der Fortdauer der Stagnationsperiode verbunden sind, unterliegen sie in der oberflächennahen Schicht einem jahreszeitlichen Rhythmus. In Abb. 2 erkennt man deutlich die kalte Zwischenwasserschicht, die mit fortschreitender Jahreszeit durch die Bildung einer warmen Deckschicht entsteht und im Verlauf der winterlichen Abkühlung und Vermischung wieder verschwindet. Durch die Temperaturabhängigkeit der Sättigungswerte ist der Sauerstoffgehalt entsprechenden Schwanke unterworfen (Abb. 4). Er wird außerdem durch biologische Prozesse beeinflusst. Die Veränderungen des Phosphatgehalts in der Oberflächenschicht, die maßgeblich vom Vegetationsrhythmus abhängen, spielen sich vornehmlich im Bereich unter 0,5 µg-at./l ab und treten in Abb. 5 kaum in Erscheinung. In Abb. 6 ist deshalb die Phosphatverteilung speziell für die Oberflächenschicht von 0–50 m Tiefe dargestellt. In Abhängigkeit von der Phytoplanktonentwicklung war die stärkste Phosphatverarmung im Mai zu verzeichnen. Nur im Finnischen Meerbusen waren noch größere Phosphatmengen vorhanden, da in diesem Seegebiet die Frühjahrsblüte offenbar noch nicht eingesetzt hatte. Im August führte die sehr stabile Temperatursprungschicht zu einem Anstieg der 0,1 µg-at./l-Isolinie. Durch die jahreszeitlich bedingte Abkühlung begann im Oktober die Auflösung der thermischen Sprungschicht. Damit war eine erneute Phosphatzufuhr in die produktive Zone möglich. Da in dieser Jahreszeit die Vegetationsperiode noch nicht vorüber ist, kam es zunächst zu keiner Anreicherung. Ein Anstieg der Phosphatkonzentration in der Oberflächenschicht erfolgt erst in den Wintermonaten. Im Jahre 1971 wurden sogar erst Ende März die höchsten Werte erreicht.

Nitrat zeigte eine dem Phosphat analoge Verteilung in der Oberflächenschicht, wenngleich auch Unterschiede auftraten. Im Gegensatz zum Phosphat nahm der Nitratgehalt von Februar bis Ende März nicht mehr nennenswert zu. Dadurch bedingt entstanden Unterschiede im Stickstoff-Phosphor-Verhältnis. So betrug dieses Verhältnis im Februar N : P = 7 bis 10 : 1 und Ende März N : P = 4 bis 6 : 1 (jeweils in µg-at./l). Es lag damit deutlich unter der ozeanischen Relation von N : P = 13 bis 16 : 1 (vgl. auch 6, 11). In den anderen Monaten konnte dieses Verhältnis wegen der geringen Nährstoffkonzentrationen in der Oberflächenschicht nicht berechnet werden.

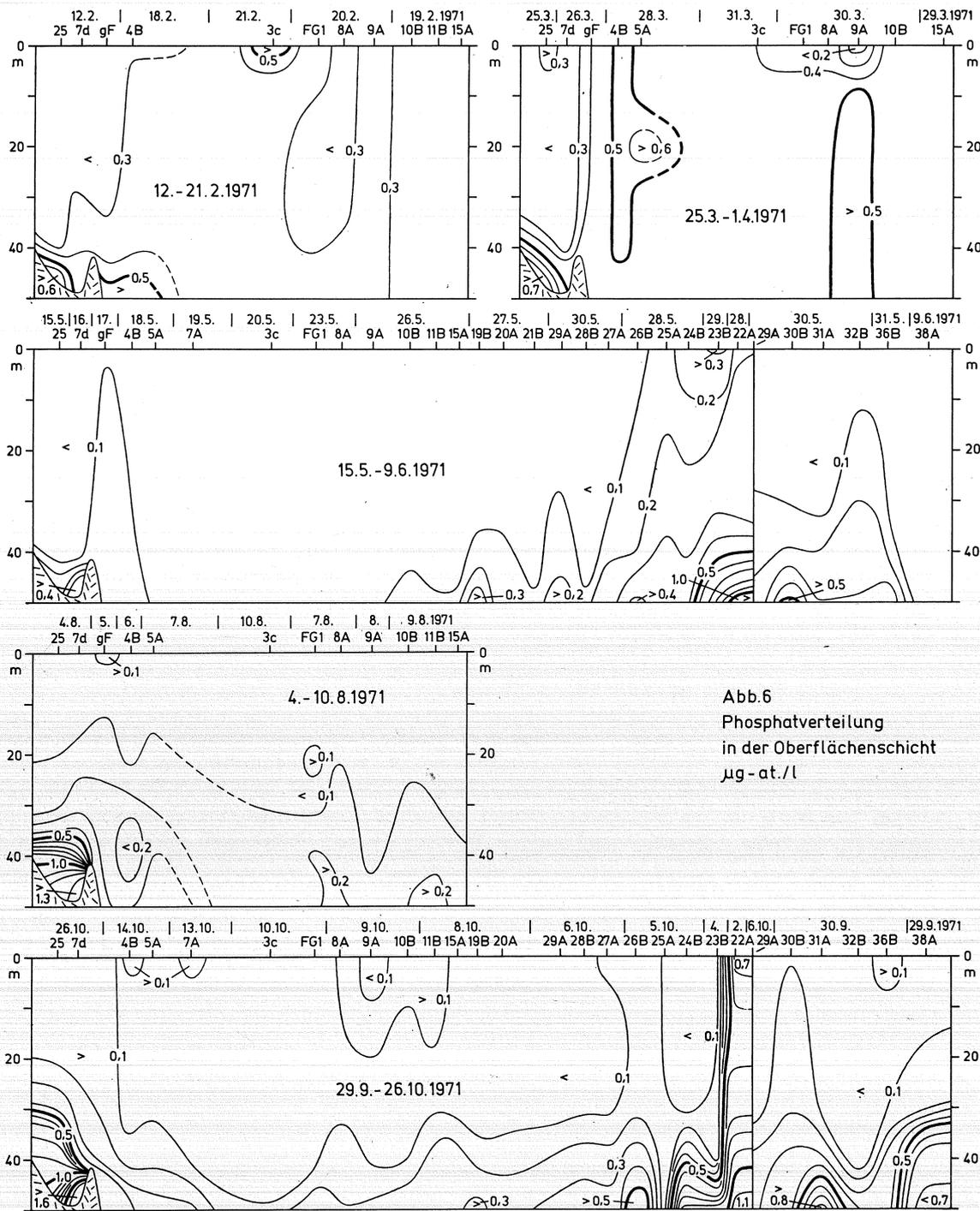


Abb.6  
Phosphatverteilung  
in der Oberflächenschicht  
µg-at./l

### 3. Schlussfolgerungen

Im Winter 1968/69 wurde durch mehrere Salzwasser-einbrüche unterschiedlicher Intensität die advective Erneuerung des Tiefenwassers in den verschiedenen Becken der Ostsee eingeleitet (2, 5, 6, 7, 9, 10). Aber bereits in der zweiten Hälfte des Jahres 1970 begann eine neue Stagnationsperiode (9). Diese Stagnationsperiode dauerte im Jahre 1971 an und führte zunächst im Bornholmbecken später auch im östlichen und in Teilen des nördlichen Gotlandbeckens sowie im Gdansk-er Becken zur Schwefelwasserstoffbildung im Tiefenwasser. Im westlichen Gotlandbecken, wo auch während der Wassererneuerung 1969/70 das schwefelwasserstoffhaltige Tiefenwasser nie vollständig verdrängt wurde (9), erfolgte die weitere Ausbreitung dieses lebensfeindlichen Gases. Abb. 1 zeigt die Gebiete mit Schwefelwasserstoff im Tiefenwasser und deren Ausdehnung im Verlauf des Jahres 1971. In diesen Gebie-

ten konnte eine erfolgreiche Fischerei mit dem Grundschleppnetz von vornherein ausgeschlossen werden. Die Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse war nicht auf die grundnahe Wasserschicht beschränkt. So stieg die 1 ml/l-Sauerstoffisolinie im Verlauf des Jahres 1971 auf 70 bis 80 m Tiefe an und erreichte den unteren Bereich der Salzgehaltssprungschicht (Abb. 3). Darunter ist keine erfolgversprechende pelagische und Grundschleppnetz-Fischerei zu erwarten, weil die meisten Ostseefischarten infolge Sauerstoffmangels diese Regionen meiden müssen. Lediglich im Südteil des östlichen Gotlandbeckens wurden bis in 110 m Tiefe ausreichende Sauerstoffverhältnisse angetroffen, wobei allerdings im August vorübergehend ungünstigere Bedingungen herrschten.

Die Auswirkungen des im Oktober 1971 beobachteten Einstroms relativ frischen Wassers werden kaum über das Bornholmbecken hinausgegangen sein. Wie die

Untersuchungen im Arkonabecken zeigten, handelte es sich nur um geringe Wassermengen. Eine durchgreifende Erneuerung des Tiefenwassers und damit eine Beendigung der Stagnationsperiode in der Ostsee ist erst zu erwarten, wenn es zu einem Salzwassereintrich kommt, der in seinem Umfang dem Salzwassereintrich vom Januar/Februar 1969 (6) entspricht.

Während der Anfertigung dieses Berichtes erfolgte ein umfangreicher Salzwassereintrich. Wie die Untersuchungen vom 4. bis 15. April 1972 mit dem Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck“ ergaben, hatte dieser Salzwassereintrich bereits zu einer durchgreifenden Erneuerung des Tiefenwassers im Bornholmbecken geführt. Dabei wurden in Grundnähe Temperaturen von 2 bis 3,3 °C, Salzgehaltswerte von 16,5 bis 18,3 ‰ und Sauerstoffwerte über 7 ml/l gemessen. Das frisch eingeströmte Wasser, das relativ arm an Phosphat, Nitrat und Ammonium war, hatte

zu Inversionen in der Temperatur-, Sauerstoff- und Nährstoffverteilung geführt. Die hohen Salzgehaltswerte im Arkonabecken – unterhalb der Sprungschicht wurden Werte bis 22,5 ‰ beobachtet – zeigten, daß erst ein Teil des salzreichen Wassers ins Bornholmbecken abgeflossen war.

Der bisher ermittelte Umfang des Salzwassereintrichs vom März 1972 läßt vermuten, daß es im Verlauf der Jahre 1972/73 zu einer durchgreifenden Erneuerung des Tiefenwassers in weiten Teilen der Ostsee kommt. Die damit verbundene Besserung der Sauerstoffverhältnisse und Reaktivierung des Phosphats bieten günstige Voraussetzungen für eine positive Entwicklung der Fischbestände der Ostsee in den kommenden Jahren, nachdem auf Grund der sehr gut durchlüfteten Wassermassen besonders im Bornholmbecken im Sommer 1972 für den Heringsfang ungünstige Bedingungen vorhanden waren.

## Literatur

1. FILARSKI, J.:  
Sytuacja hydrologiczna w południowej części morza Bałtyckiego w I półroczu 1971  
Zakład Oceanografii, Morski Inst. Rybacki, Gdynia 1971, S. 21–27
2. FILARSKI, J.:  
The hydrographic situation in the Southern Baltic, February 1969 to January 1970  
Ann. Biol. Cons. Perm. Int. Expl. Mer 26 (1970), S. 93–95
3. FONSELIUS, S. H.:  
Hydrography of the Baltic deep basins II  
Fishery Board of Sweden, Ser. Hydrography 20 (1967), 31 S.
4. FONSELIUS, S. H.:  
Hydrography of the Baltic deep basins III  
Fishery Board of Sweden, Ser. Hydrogr. 23 (1969), 97 S.
5. FONSELIUS, S. H.:  
On the stagnation and recent turnover of the water in the Baltic  
Tellus 22 (1970), S. 533–544
6. FRANCKE, E. und NEHRING, D.:  
Erste Beobachtungen über einen erneuten Salzwassereintrich in die Ostsee im Februar 1969  
Beitr. Meeresk. 28, S. 33–47
7. KALEIS, M. V. und Yula, A.:  
Some peculiarities of the hydrographical regime of the Baltic Sea in 1969  
Ann. Biol. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 26 (1970), S. 95–96
8. NEHRING, D.:  
Der Einfluß der Sauerstoffverhältnisse auf die Verteilung der anorganischen Stickstoffverbindungen im Tiefenwasser der Ostsee  
Monatsber. Dt. Akad. Wiss. Berlin 14 (1972) (im Druck)
9. NEHRING, D. und FRANCKE, E.:  
Hydrographisch-chemische Veränderungen in der Ostsee seit Beginn dieses Jahrhunderts und während des Internationalen Ostseejahres 1969/70  
Fischerei-Forschung, Rostock 9 (1971) 1, S. 35–42
10. NEHRING, D. und FRANCKE, E.:  
Zusammenfassende Darstellung der hydrographisch-chemischen Veränderungen in der Ostsee 1969/70  
Fischerei-Forschung, Rostock 11 (1973) 1, S. XX–XX
11. NEHRING, D., SCHULZ, S. und ROHDE, K.-H.:  
Untersuchungen über die Produktivität der Ostsee. I. Chemisch-biologische Untersuchungen in der mittleren Ostsee und in der Bottensee im April/Mai 1967  
Beitr. Meeresk. 23 (1969), S. 5–36
12. WOLF, G.:  
Salzwassereintriche im Gebiet der westlichen Ostsee  
Beitr. Meeresk. (im Druck)
13. . . . .  
The Baltic Year 1969/70. Program manual Göteborg 1968